



REC'D 19 JUL 2004

WIPO

PCT

Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

PND E 030230  
IB/2004/051065

Office européen  
des brevets

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-  
gen stimmen mit der  
ursprünglich eingereichten  
Fassung der auf dem näch-  
sten Blatt bezeichneten  
europäischen Patentanmel-  
dung überein.

The attached documents  
are exact copies of the  
European patent application  
described on the following  
page, as originally filed.

Les documents fixés à  
cette attestation sont  
conformes à la version  
initialement déposée de  
la demande de brevet  
européen spécifiée à la  
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

03101981.3

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

R C van Dijk



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

Anmeldung Nr:

Application no.: 03101981.3 ✓

Demande no:

Anmeldetag:

Date of filing: 02.07.03 ✓

Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Philips Intellectual Property & Standards  
GmbH

Steindamm 94

20099 Hamburg

ALLEMAGNE

Koninklijke Philips Electronics N.V.

Groenewoudseweg 1

5621 BA Eindhoven

PAYS-BAS

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:

(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.

Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Verfahren und Einrichtung zur Synchronisation einer Mobilstation mit einer  
Basisstation in einem Mobilfunksystem

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)  
revendiquée(s)

Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

H04B7/26

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL  
PT RO SE SI SK TR LI

**BESCHREIBUNG**

**Verfahren und Einrichtung zur Synchronisation einer Mobilstation mit einer Basisstation in einem Mobilfunksystem**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur Synchronisation der Trägerfrequenz einer Mobilstation mit der Trägerfrequenz einer Basisstation in einem zellularen Mobilfunksystem.

In der GB 2 354 403 A ist ein derartiges Verfahren beschrieben. Von der Mobilstation werden Umgebungsbedingungen, wie beispielsweise die Temperatur, erfasst. In einer aktualisierbaren Tabelle wird aus der Temperatur auf die Frequenzabweichung geschlossen. Entsprechend der Frequenzabweichung wird ein AFC (Automatic Frequency Control)-Algorithmus gewählt. Die Häufigkeit der Synchronisationsvorgänge pro Zeiteinheit bleibt unverändert. Frequenzänderungen, die durch Bewegungen der Mobilstation verursacht werden, werden nicht getrennt erfasst. Betriebszustände der Mobilstation werden nicht ausgewertet.

In der EP 1 241 818 A1 ist eine automatische Frequenzkontrolle (AFC) beschrieben, mit der möglichst schnell ein exakter Frequenzwert erreicht werden soll. Umgebungsbedingungen und Betriebszustände werden nicht berücksichtigt.

In der GB 2 317 281 ist eine automatische Frequenzkontrolle in einem Mobilempfänger beschrieben, mit dem Ziel, den Frequenzfehler möglichst exakt und schnell auszuregeln, ohne dass Umgebungsbedingungen und Betriebszustände beachtet werden. Auf die AFC-Intervalllängen wird nicht eingewirkt.

Aus der US 6 148 187 ist eine automatische Frequenzregelung bekannt. Eine bewegungsverursachte Frequenzänderung wird nicht getrennt berücksichtigt.

In der US 6 278 867 ist ein Empfänger mit einer Regelschleife zur Frequenznachführung beschrieben. Die Schleifenverstärkung soll konstant gehalten werden. Die Temperatur wird über eine Tabelle berücksichtigt, die während des Betriebs in einem Lernvorgang aktualisiert wird. Eine getrennte Berücksichtigung von temperaturbedingten und bewegungsbedingten Frequenzabweichungen ist nicht vorgesehen.

Nach dem Stand der Technik wird in einer Mobilstation eine aufwändige und teure Referenzfrequenzoszillator-Baugruppe verwendet, deren temperaturbedingte Frequenzabweichung durch Schaltungsmaßnahmen in engen Grenzen, die typischerweise eine maximale Frequenzabweichung von der Nominalfrequenz im Betriebstemperaturbereich von kleiner  $\pm 3$  ppm aufweisen, gehalten wird.

Aufgabe der Erfindung ist es, bei einem Verfahren und einer Einrichtung der eingangs genannten Art, unter Verwendung einer baulich einfachen und kostengünstigen nicht temperaturkompensierten Referenzfrequenzoszillator-Baugruppe die Anzahl der dadurch ansonsten erforderlichen häufigeren Empfangsvorgänge zur Messung der Einzelfrequenzabweichung bei Temperaturänderung und Ortsänderung der Mobilstation kleinzuhalten.

Erfindungsgemäß ist obige Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Durch das beschriebene Verfahren wird die Synchronisation der Frequenz der Mobilstation in Abhängigkeit von der Frequenzabweichung durchgeführt und zwar im wesentlichen so, dass bei kleinen Frequenzabweichungen mittels des AFC-Algorithmus die AFC-Messintervalllänge groß gehalten werden kann und damit die Anzahl der Empfangsvorgänge der Mobilstation pro Zeiteinheit klein gehalten werden kann, als die bei großen gemessenen oder vorhergesagten Frequenzabweichungen der Fall wäre. Die unten erläuterte AFC-Messintervalllänge wird also an die aktuellen und/oder erwarteten Erfordernisse angepasst. Da jeder Empfangsvorgang mit einem Energieverbrauch in der Mobilstation verbunden ist, lässt sich durch die Wahl einer großen AFC-

Messintervalllänge der Energieverbrauch reduzieren. Dadurch verlängert sich die Stand-By-Zeit der Mobilstation.

5 Durch die Vorhersage kritischer temperaturbedingter und kritischer bewegungs-  
bedingter Zustände kann rechtzeitig durch zusätzliche Empfangsvorgänge gemessen  
und geregelt werden, um zu vermeiden, dass die Netzwerk-Synchronisation verloren  
geht. Im Falle eines Verlustes der Netzwerk-Synchronisation wäre eine komplette  
Netzwerk-Neusynchronisation erforderlich, die großen Energieverbrauch und ggf.  
Gesprächsabbruch zur Folge hätte.

10 Da sich beim beschriebenen Verfahren die AFC-Messintervalllänge an die jeweiligen  
Erfordernisse anpasst, kann eine preiswerte Referenzfrequenzoszillator-Baugruppe  
verwendet werden, die ohne besondere Hardware-Temperaturkompensation arbeitet und  
dadurch eine ausgeprägte charakteristische Temperatur/Frequenzkurve haben kann.  
15 Dies verbilligt den Aufbau der Mobilstation.

Abweichungen der Frequenz der Mobilstation gegenüber der Frequenz der Basisstation  
können sich durch Temperaturänderungen der Mobilstation und/oder durch Bewe-  
gungen der Mobilstation gegenüber der Basisstation ergeben. Diese Frequenzab-  
20 weichungen werden unterschieden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

25 Eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens ergibt sich aus den Ansprüchen 28  
und 29.

Das Verfahren ist bei allen auf FDMA, TDMA, CDMA basierenden Multiplexverfahren  
anwendbar, auch wenn unten Begriffe verwendet werden, die beim GSM-Mobilfunk-  
standard üblich sind. Der Begriff "Gesprächs-Zustand" ist verallgemeinert für den  
30 Zustand der Punkt-zu-Punkt-Kommunikation der Mobilstation mit der Basisstation zu  
verstehen und beinhaltet auch die Übertragung von Informationen für Datendienste.

Ein Ausführungsbeispiel ist im Folgenden beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

Figur 1: Komponenten einer Mobilstation, soweit hier zum Verständnis nötig,

- 5    Figur 2: eine charakteristische Kurve einer Mobilstation, die die Abhängigkeit der Abweichung der Referenzfrequenz eines Oszillators der Mobilstation von der Temperatur darstellt,

- Figur 3: eine Aufwärmkurve der Mobilstation, die die Temperaturzunahme in  
10    Abhängigkeit von der Betriebszeit in einem Betriebszustand darstellt,

Figur 4: AFC-Messintervalllängen in Abhängigkeit von einer Aufwärmkurve und einem Ausschnitt einer charakteristischen Kurve bei geringem Exaktheitsindikator,

- 15    Figur 5: eine Fig. 4 entsprechende Darstellung bei hohem Exaktheitsindikator der charakteristischen Kurve,

Figur 6: AFC-Messintervalllängen in Abhängigkeit von Ortsänderungen der Mobilstation,

20

Figur 7: ein Flussdiagramm der Funktion des AFC-Algorithmusses,

Figur 8 bis Figur 11: Flussdiagramme zu den Blöcken 4,6,9,10 des Flussdiagramms nach Fig. 7.

25

- Eine Mobilstation (vgl. Fig. 1) weist eine Sender-Empfänger-Anordnung 1 für Funk-signale a auf, die als Funkdaten f von oder zu einem Mikroprozessor 2 geliefert werden. Dem Mikroprozessor 2 ist ein nichtflüchtiger Speicher 3 zugeordnet, der mit dem Mikroprozessor 2 Speicherdaten e austauscht. Auf dem Mikroprozessor 2 läuft der  
30    beschriebene AFC-Algorithmus ab. Ein Referenzfrequenz-Oszillator 4 dient als

Frequenznormal und erzeugt eine Frequenz  $c$  für die Sender-Empfänger-Anordnung 1 und den Mikroprozessor 2. Die Frequenz des Referenzfrequenz-Oszillators 4 und die Häufigkeit der AFC-Messvorgänge und AFC-Regelvorgänge pro Zeiteinheit wird vom Mikroprozessor 2 entsprechend der Daten des Speichers 3 eingestellt.

5

Ein Temperatursensor 5 erfasst die Temperatur der Mobilstation, insbesondere des Referenzfrequenz-Oszillators 4. Der Mikroprozessor 2 fragt die Temperaturmesswerte des Temperatursensors 5 ab. Dem Temperatursensor 5 ist ein Analog/Digital-Wandler zugeordnet, um dem Mikroprozessor 2 die Messwerte in digitaler Form zu liefern.

10

Im Speicher 3 werden die Daten abgelegt, aus denen der AFC-Algorithmus die Frequenznachstimmung des Referenzfrequenz-Oszillators 4 bewirkt. Diese Daten sind insbesondere:

Betriebszustand (idle/dedicated), Anzahl der belegten Zeitschlitze,

15 Einzelfrequenzfehler, temperaturbedingte Einzelfrequenzfehler, bewegungsbedingte Einzelfrequenzfehler, Gesamtfrequenzfehler, Absolutfrequenzfehler, Absoluttemperatur, Temperaturgradient, Tabellenwerte der charakteristische Kurve, Parameter der Aufwärmkurve, Empfangspegel, TOA-Werte (Empfangslaufzeit), TA-Werte (Sendezeitpunktvoreilung), Signal/Rauschverhältnis, .

20

In der Beschreibung sind die Begriffe Frequenzfehler und Frequenzabweichung gleichbedeutend.

Die Empfangsanordnung 1 wird zur Frequenznachstimmung in bestimmten AFC-

25 Messintervallen aktiviert, um Signale der Basisstation zu empfangen und zu decodieren und die Frequenzabweichung, d.h. den Einzelfrequenzfehler des jeweiligen Messintervalls festzustellen. Im Mobilfunkstandard darf die AFC-Messintervalllänge ein Mindestdauer nicht überschreiten um sicherzustellen, dass die Mobilstation eine Rufsignalisierung (Paging) empfangen kann

30

Meist fallen mehrere AFC-Messintervalle in ein AFC-Regelintervall. Durch die AFC-Regelintervalllänge wird eine Wartezeit festgelegt, nach der die gemessenen Einzelfrequenzfehler zu einem Gesamtfrequenzfehler zusammengefasst und ausgewertet werden. Dabei erfolgt eine gewichtete Mittelung der Einzelfrequenzfehler.

5

Es wird ein Faktor für die AFC-Stellgliedumsetzung festgelegt. Dieser Faktor bestimmt, zu welchem Grad der Gesamtfrequenzfehler berücksichtigt und zur Frequenznachstimmung als Stellgröße auf den Referenzfrequenz-Oszillators 4 wirkt. Dabei besteht die Möglichkeit, für die Nachführung der Frequenz durch das Stellglied nur einen

10 proportionalen Anteil des Gesamtfrequenzfehlers zu berücksichtigen oder einen konstanten Korrekturwert zu verwenden. Die Frequenznachstimmung erfolgt mittels des um die AFC-Stellgliedumsetzung reduzierten Gesamtfrequenzfehlers additiv zu einer bereits vorher eingestellten Frequenznachstimmung. Die Summe aller bisher eingestellten Frequenznachstimmungen ergibt die absolute Frequenznachstimmung bzw. den

15 Absolutfrequenzfehler.

Die in Mobilfunksystemen bekannte Sendezeitpunktvoreilung TA gibt an, um wieviel früher die Mobilstation senden muss, damit die Sendeinformation zum richtigen Zeitpunkt an der Basisstation eintrifft. Die Sendezeitpunktvoreilung TA wird durch eine

20 Signalisierung von der Basisstation angefordert. Dementsprechend ist die Information über die Sendezeitpunktvoreilung TA nur für den Gesprächs-Zustand (dedicated) vorhanden und auswertbar. Durch die Sendezeitpunktvoreilung TA wird der jeweils mehr oder weniger große örtliche Abstand der Mobilstation von der Basisstation berücksichtigt.

25

Die in Mobilfunksystemen bekannte Empfangslaufzeit TOA wird von der Mobilstation unter Auswertung der von der Basisstation empfangenen Signale generiert. Dabei stellt die Empfangslaufzeit TOA das zeitliche Integral der in der Mobilstation gewonnenen und zum Nachregeln des Systemtimings benutzten TOI-Information dar. Die Infor-

30 mation über die Empfangslaufzeit TOA ist sowohl im Gesprächs-Zustand (dedicated)



als auch im Bereitschafts-Zustand (idle) vorhanden und auswertbar. Durch die Empfangslaufzeit TOA wird der jeweils mehr oder weniger große örtliche Abstand der Mobilstation von der Basisstation berücksichtigt.

- 5 Die individuelle charakteristische Kurve (vgl. Fig. 2) einer Mobilstation stellt die Frequenzabweichung in Abhängigkeit von der Temperatur dar. Sie ist von Mobilstation zu Mobilstation verschieden, aber messbar, und wird als Tabelle im Speicher 3 hinterlegt. Im wesentlichen ist die charakteristische Kurve durch den verwendeten Referenzfrequenz-Oszillator 4 bestimmt. Ermittelt wird diese charakteristische Kurve
- 10 durch Messungen während der Fertigung und/oder durch einen Lernprozess (Teach-in) während der Betriebszeit. Bei Verwendung eines im Mobilfunk üblichen Referenzfrequenz-Oszillators kann die charakteristische Kurve durch ein Polynom 3. Ordnung approximiert werden.
- 15 Die Vorbelegung der individuellen charakteristischen Kurve während der Fertigung erfolgt durch Anwendung einer der folgenden Möglichkeiten. Messung einer hinreichenden Anzahl von Stützstellen, oder Messung von vier Stützstellen und Bestimmung der Koeffizienten des Polynoms 3. Ordnung oder Messung einer Stützstelle und Parallelverschiebung der typischen charakteristischen Kurve um den
- 20 Unterschied zum gemessenen Wert der Frequenzablage, oder Verwendung der typischen charakteristischen Kurve ohne Messung von Stützstellen.

Nicht vorhandene Tabellenwerte werden linear oder unter Anwendung des Polynoms interpoliert.

25

- Die Aufwärmkurve (vgl. Fig. 3) stellt den infolge thermischer Trägheit der Mobilstation erfolgende Erwärmung des Referenzfrequenz-Oszillators 4, bei Änderung von Betriebszuständen, wie dies beispielsweise von idle- nach dedicated-mode, der Fall ist, oder bei Änderung der Umgebungstemperatur dar. Sie folgt als thermische Sprungantwort des
- 30 thermisch integrierend wirkenden Systems einer e-Funktion folgender Formel:

$$\nu(t) = \nu_1 - (\nu_1 - \nu_0) e^{-\frac{t}{T_0}}$$

wobei ist:

- 5     $\nu_0$  die Temperatur vor Temperaturänderung infolge einer Änderung eines Betriebszustands,  
       $T_0$  die thermische Zeitkonstante des Aufwärmvorgangs, die durch die physikalische thermische Trägheit der Baugruppe vorgegeben ist und experimentell ermittelt wurde,  
       $\nu_1$  die erwartete zukünftige Temperatur

10

Wird beispielsweise zum Zeitpunkt  $t_0$  bei einer Temperatur  $\nu_0$  auf Sendebetrieb geschaltet, dann kann vorhergesagt werden, dass zum Zeitpunkt  $t_1$  die Temperatur  $\nu_1$  erreicht sein wird.

- 15    Entsprechendes gilt für eine nicht näher dargestellte "Abkühlkurve".

- Die Parameter der obigen Formel der Aufwärmkurve werden im Speicher 3, speziell durch Speichern ihrer thermischen Zeitkonstante  $T_0$  abgelegt. Durch die Kenntnis der Aufwärmkurve kann eine Temperaturvorhersage vorgenommen werden, d.h. es kann  
 20    vorhergesagt werden, mit welcher Temperaturänderung im Folgenden während des jeweiligen Betriebszustands zu rechnen ist, wobei Betriebszustand die aktuelle Sendeleistung und die Anzahl der für den Sendebetrieb benutzten Zeitschlitzte ist.

- Durch Verknüpfung der Aufwärmkurve mit der charakteristischen Kurve kann eine zu  
 25    erwartende Frequenzabweichung vorhergesagt werden.

- Die Frequenzvorhersage ermöglicht es auch, bei einem kurzzeitigen Ausfall des Empfangs der Basisstation die Frequenznachführung entsprechend den Erwartungswerten vornehmen zu können. Dadurch kann auch der Frequenzdrift durch eigene  
 30    Erwärmung und/oder Änderung der Umgebungstemperatur entgegengewirkt werden.

- Entsprechend der Frequenzvorhersage wird mittels des AFC-Algorithmusses die AFC-Messintervalllänge eingestellt. Dabei wird berücksichtigt, dass bei Temperaturänderungen die vorhergesagte Frequenzabweichung nicht nur vom aktuellen Temperaturgradienten abhängt, sondern auch davon abhängt, in welchem Bereich der charakteristischen Kurve sich die vorhergesagte Temperatur befindet. In kritischen Bereichen, also Bereichen großer Steilheit der charakteristischen Kurve, wird eine kürzere AFC-Messintervalllänge und/oder AFC-Regelintervalllänge eingestellt als in weniger kritischen Bereichen. Die Frequenznachstellung erfolgt also entsprechend öfter.
- 10 Wendepunkte der charakteristischen Kurve (vgl. Fig. 2) können aufgrund der Bauteilstreuung des Referenzfrequenz-Oszillators 4 bei deutlich unterschiedlichen Temperaturen auftreten. Deshalb wird in Temperaturbereichen, in denen das Auftreten von Wendepunkten wahrscheinlich ist, die AFC-Messintervalllänge und/oder AFC-Regelintervalllänge verkürzt. Dies geschieht insbesondere dann, wenn die jeweilige
- 15 charakteristische Kurve nicht exakt bekannt ist, der Exaktheitsindikator also klein ist.
- Nach einer gewissen Betriebszeit wird die charakteristische Kurve durch einen Lernvorgang exakt bekannt sein. Bei dann exakt vorhersagbaren Wendepunkten lässt sich die AFC-Messintervalllänge und/oder AFC-Regelintervalllänge erhöhen, da im Bereich
- 20 des Wendepunkts der Betrag der Frequenzabweichung nur klein ist. Bei hohem Exaktheitsindikator der charakteristischen Kurve sind die Wendepunkte also keine besonders kritischen Bereiche.
- Die Figur 4 zeigt beispielhaft sich zwischen Zeitpunkten  $t_1$  bis  $t_5$  einstellenden AFC-
- 25 Messintervalllängen. Dabei ist von einer durch zwei Geraden vereinfachten Aufwärmkurve ausgegangen, deren Steilheit sich zum Zeitpunkt  $t_2$  verringert. Weiter ist angenommen, dass der Temperaturverlauf der Aufwärmkurve im dargestellten Ausschnitt der charakteristischen Kurve liegt, wobei die charakteristische Kurve im Zeitbereich  $t_1$  bis  $t_3$  eine hohe positive Steilheit der Frequenzänderung pro Temperaturänderung hat,
- 30 im Zeitbereich von  $t_3$  bis  $t_4$  einen Wendepunkt hat und im Zeitbereich von  $t_4$  bis  $t_5$  eine

geringe negative Steilheit der Frequenzänderung pro Temperaturänderung hat.

Außerdem ist angenommen, dass der Exaktheitsindikator der charakteristischen Kurve - noch - klein ist.

- 5 Auf Grund der im Zeitbereich von  $t_1$  bis  $t_2$  hohen Steilheit der Aufwärmkurve bei im zugeordneten Temperaturbereich hoher Steilheit der charakteristischen Kurve ist die AFC-Messintervalllänge von  $t_1$  bis  $t_2$  kurz. Graphisch liegen also die durch Pfeile an der Zeitachse in Figur 4 verdeutlichten Messzeitpunkte dicht beieinander.
- 10 Im Zeitbereich von  $t_2$  bis  $t_3$  ist die Steilheit der Aufwärmkurve deutlich verringert. Dementsprechend vergrößert sich die AFC-Messintervalllänge im Zeitbereich von  $t_2$  bis  $t_3$ , was sich graphisch als weitere Abstände der Pfeile an der Zeitachse darstellt (vgl. Fig. 4). Im Zeitbereich von  $t_2$  bis  $t_3$  ist der Stromverbrauch also geringer als er dann wäre, wenn auch im Zeitbereich von  $t_2$  bis  $t_3$  mit der im Zeitbereich von  $t_1$  bis  $t_2$
- 15 herrschenden AFC-Messintervalllänge gearbeitet würde.

- Im Zeitbereich von  $t_3$  bis  $t_4$  wird die AFC-Messintervalllänge stark verkürzt, da die charakteristische Kurve nur mit geringer Exaktheit bekannt ist und demzufolge das Auftreten des Wendepunktes nur grob vorhergesagt werden kann. Durch die Verkür-
- 20 zung der AFC-Messintervalllänge wird der Lernvorgang (Teach in) forciert, so dass in diesem Bereich mehr Stützstellen der charakteristischen Kurve generiert werden, was eine Erhöhung des Exaktheitsindikators unter guten Empfangsbedingungen bedeutet.

- Im Bereich von  $t_4$  bis  $t_5$  ist auf Grund des dortigen Verlaufs der Aufwärmkurve und der
- 25 charakteristischen Kurve im zugeordneten Temperaturbereich nur eine sehr geringe Frequenzänderung zu erwarten. Die AFC-Messintervalllänge kann deshalb auf eine Maximallänge eingestellt werden. Diese ist länger als die Messintervalllänge im Zeitbereich von  $t_2$  bis  $t_3$  und deutlich länger als im Zeitbereich zwischen  $t_1$  und  $t_2$ . Die Maximallänge entspricht dem Mindest-Empfangsintervall des Mobilfunkstandards und
  - 30 ist durch diesen vorgegeben.

Das Beispiel der Figur 5 entspricht dem der Figur 4, wobei jedoch in Figur 5 davon ausgegangen ist, dass der Exaktheitsindikator der charakteristischen Kurve hoch ist, der Verlauf der charakteristischen Kurve also mit hoher Exaktheit abgespeichert ist. Dies wirkt sich speziell im Zeitbereich zwischen  $t_3$  und  $t_4$  auf die Einstellung der Messintervalllänge aus. In diesem Bereich wird die AFC-Messintervalllänge gegenüber Figur 4 erhöht, da die Frequenzabweichung in diesem Bereich nur klein ist, weil der Wendepunkt exakt vorhersagbar ist. Im Betriebszustand der Figur 5 ist die Stromersparnis größer als in dem der Figur 4, weil nach Figur 5 auch im Zeitbereich zwischen  $t_3$  und  $t_4$  die AFC-Messintervalllänge erhöht ist.

10

Neben den oben beschriebenen temperaturbedingten Frequenzänderungen treten in der Mobilstation auch Frequenzänderungen auf, die durch ihre Bewegung in der Infrastruktur verursacht sind und die bei der Frequenznachstellung speziell bei der Einstellung der AFC-Messintervalllänge und/oder AFC-Regelintervalllänge berücksichtigt werden.

15

Bei der Bewegung der Mobilstation in den Zellen der Infrastruktur können zwei besonders kritische Fälle auftreten, die in der empfangenden Mobilstation zu Frequenzsprüngen der von der Basisstation ausgesendeten Synchronisationsfrequenz führen. Es sind dies der Fall I, in dem die Mobilstation unter einer Basisstation durchfährt, und der Fall II, in dem die Mobilstation von der Zelle einer Basisstation BTS1 in die Zelle einer benachbarten Basisstation BTS2 wechselt (vgl. Fig. 6).

20

Im Fall I (Durchfahren) ändert die Dopplerverschiebung ihr Vorzeichen, weil sich bis zum Durchfahren unter der Basisstation die Mobilstation dieser nähert und danach von ihr entfernt. Beim Durchfahren tritt in der Mobilstation ein Frequenzsprung der empfangenen Synchronisationsfrequenz in Größe bis zu der zweifachen Dopplerverschiebung auf.

25

Im Fall II (Zellwechsel) ändert die Dopplerverschiebung ebenfalls ihr Vorzeichen, weil sich die Mobilstation von der bisher frequenzbestimmenden Basisstation BTS1 entfernt

30

hat und sich nun der benachbarten Basisstation BTS2 nähert. Außerdem wirkt sich der zwischen den beiden Basisstationen in der Synchronisationsfrequenz bestehende Frequenzversatz aus. Der resultierende Frequenzsprung kann im ungünstigsten Fall die skalare Addition der doppelten Dopplerverschiebung mit dem zwischen den beiden

5 Basisstationen bestehenden Frequenzversatz sein. Im günstigsten Fall können sich die Frequenzversätze teilweise aufheben.

Ob aktuell der Fall I (Durchfahren) oder der Fall II (Zellwechsel) zu erwarten ist, wird von der Mobilstation durch die Erfassung der jeweiligen Sendezeitpunktvoreilung (TA)

10 und/oder der Empfangslaufzeit (TOA) und/oder der jeweiligen Empfangsleistung auf der Empfangs-Synchronisationsfrequenz (Trägerfrequenz) festgestellt.

Es wird dabei von der Mobilstation unterschieden, ob sie sich in der Gesprächs-Betriebsart (dedicated) oder in der Bereitschafts-Betriebsart (idle) befindet, in der die

15 Mobilstation das Netz in definierten Zeitabschnitten beobachtet.

In der Gesprächs-Betriebsart (dedicated) wird der Fall I (Durchfahren) vorhergesagt, wenn sich die Sendezeitpunktvoreilung (TA) und/oder die Empfangslaufzeit (TOA) einem Minimum nähert und/oder die Empfangsleistung einen bestimmten Pegel

20 übersteigt. Dies geschieht über den Speicher 3.

In der Gesprächs-Betriebsart (dedicated) wird der Fall II (Zellwechsel) dadurch vorhergesagt, dass eine Zellwechsel-Signalisierung auftritt, die in der Mobilstation einen Zellwechsel veranlasst.

25

In der Bereitschafts-Betriebsart (idle) wird der Fall I (Durchfahren) dadurch vorhergesagt, dass sich die Empfangslaufzeit (TOA) einem Minimum nähert und/oder die Empfangsleistung (Empfangsfeldstärke) einen bestimmten Pegel übersteigt.

30

In der Bereitschafts-Betriebsart (idle) wird der Fall II (Zellwechsel) dadurch vorhergesagt, dass eine Empfangsleistungsmessung in einer der Nachbarzellen eine höhere Leistung ergibt als in der - bisherigen - eigenen Zelle.

- 5 Bei den Auswertungen der Empfangsleistung wird eine geeignete Glättung der Messwerte vorgenommen, um den Einfluss von Mehrwegausbreitungen zu unterdrücken.

Sind infolge der genannten Erfassung der Bewegungen der Mobilstation Frequenzsprünge zu erwarten, dann wird die AFC-Messintervalllänge verkürzt, damit die

- 10 Mobilstation auf solche Frequenzsprünge schnell reagiert. Stehen solche bewegungsbedingten Frequenzsprünge nicht unmittelbar bevor, wird die AFC-Messintervalllänge verlängert, was zur Stromersparnis beiträgt.

- 15 Figur 6 zeigt ein Beispiel für eine bewegungsbedingte Beeinflussung der AFC-Messintervalllänge. Es ist angenommen, dass sich eine Mobilstation mit konstanter Geschwindigkeitsrichtung R zu einer Basisstation BTS1 bewegt, unter dieser durchfährt (Fall I), die Grenze G deren Zelle überfährt (Fall II) und in die Zelle der benachbarten Basisstation BTS2 eintritt und unter dieser durchfährt (Fall I).

- 20 Bei dieser Bewegung ergeben sich die in Figur 6 dargestellten Frequenzabweichungen: Im Fall I (Durchfahren) geht die bisher positive Dopplerfrequenz A in eine negative Dopplerfrequenz B über. Der TA-Wert bzw. der TOA-Wert nähert sich einem Minimum. Die Empfangsfeldstärke steigt an.

- 25 Diese Ereignisse werden gemessen und in ihrem Ablauf im Speicher 3 gespeichert und ausgewertet. Sie veranlassen eine Verkürzung der AFC-Messintervalllänge (vgl. Fig. 6), die bis dahin zur Stromersparnis in der Mobilstation vergleichsweise lang war. Durch die Verkürzung der AFC-Messintervalllänge im Fall I wird eine hinreichende Berücksichtigung des Frequenzsprungs hinsichtlich der Frequenznachstimmung erreicht.

- 30 Danach wird die AFC-Messintervalllänge wieder verlängert (vgl. Fig. 6), was wieder zur Stromersparnis führt.

Im Fall II (Zellwechsel) tritt die positive Dopplerverschiebung A und die negative Dopplerverschiebung B wieder und zusätzlich ein Frequenzversatz C zwischen der Basisstation BTS1 und der Basisstation BTS2 auf. Dies hat die Annäherung an einen  
5 Maximalwert des TA/TOA-Wertes und einen Sprung in der Empfangsfeldstärke zur Folge. Das Bevorstehen dieses Falles II wird im dedicated-mode im voraus durch Signalisierung zum Einleiten des Zellwechsels und im idle-mode durch Messen von höheren Empfangsleistungen in der Nachbarzelle erkannt.. Diese Ereignisse werden ausgewertet und führen zu einer Verkürzung der AFC-Messintervalllänge (vgl. Fig. 6),  
10 damit auch in diesem kritischen Bereich eine für den Betrieb hinreichende Frequenznachstimmung erfolgt.

Beim Durchfahren der Basisstation BTS2 erfolgt das zur Basisstation BTS1 Beschriebene. In ihrem Nahbereich wird die AFC-Messintervalllänge zur schnellen Anpassung  
15 an die Frequenzabweichungen verkürzt und danach mangels kritischer Frequenzänderungen zur Stromersparnis verlängert.

Das Zusammenwirken der beschriebenen Maßnahmen lässt sich folgendermaßen gestalten:

20

Die AFC-Messintervalllänge kann zunächst auf eine in dem Netz geforderte Maximallänge, die dem Mindestempfangsintervall entspricht, voreingestellt werden. Wenn dann Ereignisse erkannt werden, die auf eine starke zu erwartende Frequenzänderung hinweisen, wird die AFC-Messintervalllänge entsprechend verkürzt.

25

Zum einen werden diese Ereignisse aus der Messung der Temperatur und des Temperaturgradienten sowie unter Zuhilfenahme der Temperaturvorhersage in Verbindung mit der Aufwärmkurve und der Frequenzvorhersage in Verbindung mit der charakteristischen Kurve ermittelt. Hierzu wird die Temperatur in hinreichend kurzen Abständen  
30 gemessen und steht als Information fortlaufend zur Verfügung. Es wird also ermittelt,



ob sich die Absoluttemperatur in kritischen Bereichen der charakteristischen Kurve befindet und/oder ob aktuell große Temperaturgradienten auftreten.

5 Zum andern bewirkt die Feststellung von bevorstehenden bewegungsbedingten Ereignissen in den genannten kritischen Fällen eine Verringerung der Messintervalllänge.

Es ist auch eine umgekehrte Vorgehensweise möglich. Eine anfänglich kurze AFC-Messintervalllänge wird dann verlängert, wenn unkritische Temperaturbereiche,  
10 minimale Temperaturgradienten und keine kritischen Bewegungsfälle detektiert werden.

Die temperaturbedingten Frequenzänderungen und die bewegungsbedingten Frequenzänderungen überlagern sich. Dabei kann eine Überlagerung derart entstehen, dass sich die Frequenzänderungen aufheben. Wenn dies erkannt wird, dann kann die AFC-  
15 Messintervalllänge verkürzt werden.

Wenn sich die Frequenzänderungen jedoch verstärken, muss die AFC-Messintervalllänge entsprechend verkürzt werden. Ein Wechsel zwischen der Art der Überlagerung ist beispielsweise bei der Durchfahrt unter der Basisstation und bei Zellwechsel zu  
20 erwarten.

Bei dem hier beschriebenen Verfahren wird der gemessene Einzelfrequenzfehler in einen temperaturverursachten Einzelfrequenzfehler und einen bewegungsverursachten Einzelfrequenzfehler aufgeteilt und getrennt im Speicher 3 abgespeichert.  
25

Der temperaturverursachte Einzelfrequenzfehler kann über die gemessene Absoluttemperatur und die soweit bekannt charakteristische Kurve ermittelt werden.  
Der Anteil der Dopplerverschiebung (A,B) am Einzelfrequenzfehler kann aus einer Abschätzung der radialen Geschwindigkeit aus der Änderung der TA- und der TOA-  
30 Werte erfolgen.

Die so ermittelten bzw. berechneten geschwindigkeitsbedingten und temperaturbedingten Frequenzfehler können einer Plausibilitätskontrolle bezüglich der pro Zeiteinheit maximal zu erwartenden Geschwindigkeitsänderungen und realistischer Temperaturveränderungen unterzogen werden

5

Außerdem kann ein Vergleich folgender Gesetzmäßigkeiten zum Aufteilen des Einzelfrequenzfehlers in einen temperaturbedingten Einzelfrequenzfehler und einen bewegungsbedingten Einzelfrequenzfehler vorgenommen werden.

- 10 Eine temperaturbedingte Frequenzänderung ist immer stetig im Gegensatz zu einer bewegungsbedingten Frequenzänderung. Außerdem ist eine temperaturbedingte Frequenzänderung träger als eine bewegungsbedingte Frequenzänderung.

- 15 Durch einen Lernprozess kann die charakteristische Kurve während des Betriebs ermittelt und gespeichert werden. Die individuelle charakteristische Kurve ist dabei dem Speicher nicht von Anfang an exakt bekannt, sondern wird während des Betriebes allmählich aufgebaut bzw. präzisiert. Während zunehmender Betriebszeit ergeben sich immer mehr exakte Stützstellen der charakteristischen Kurve. Anfänglich fehlende Stützstellen können gegebenenfalls durch Approximation ermittelt werden. Bei erst-
- 20 maligem Einschalten der Mobilstation kann von einer vorgespeicherten typischen charakteristischen Kurve ausgegangen werden, die dann allmählich an die tatsächliche charakteristische Kurve angepasst wird.

- Die Frequenzabstimmung läuft bei Einsatz des Lernvorgangs folgendermaßen ab:
- 25 Zu Beginn jedes AFC-Vorgangs wird der Erwartungswert der Frequenznachstimmung als Startwert vorgegeben. Dieser resultiert aus den bereits bekannten Informationen über die charakteristische Kurve und der gemessenen Temperatur. Danach erfolgt der AFC-Vorgang, der eine neue Stützstelle erzeugt. Es wird eine Tabelle mit der Temperatur als Laufvariablen verwendet und der gemessene Einzelfrequenzfehler wird unter nachfol-
- 30 genden Bedingungen a,b,c in den Speicher übertragen.

- a. Es ist von Vorteil, nur solche gemessene Einzelfrequenzfehler zu berücksichtigen, die ausschließlich auf Temperatureinflüssen beruhen. Damit können Ergebnisse verworfen werden, die ganz oder zum Teil auf Bewegungseinflüsse zurückzuführen sind.
- 5 Eine aufwändigere Möglichkeit besteht darin, auch Stellgrößen zu berücksichtigen, die teilweise auf Bewegungen beruhen. Hierbei kann die bewegungsverursachte Frequenzabweichung aus der Änderung des Sendezeitpunktvoreilungs-Werts (TA) oder des Empfangslaufzeit-Werts (TOA) geschätzt und auf die ausschließlich temperaturverursachte Frequenzablage zurückgerechnet werden. Bei dieser Möglichkeit ist allerdings
- 10 mit einer Einschränkung der Genauigkeit zu rechnen. Deshalb ist diese Möglichkeit nur bei geringer Exaktheit der bereits bekannten Werte der charakteristischen Kurve zweckmäßig.
- Da bewegungsverursachte Frequenzänderungen und temperaturbedingte Frequenzänderungen getrennt erfasst werden, kann obige Begrenzung auf ausschließlich temperaturverursachte Frequenzänderungen erfolgen.
- 15
- b. Im Lernprozess neu hinzu kommende Stützstellen können einer Plausibilitätsprüfung unterzogen werden, wobei entschieden wird, ob diese neuen Stützstellen berücksichtigt
- 20 oder verworfen werden. Die Plausibilitätsprüfung geht von bereits bekannten Stützstellen der individuellen charakteristischen Kurve oder bei Erstinbetriebnahme der Mobilstation von typischen Werten der charakteristischen Kurve und zu erwartenden toleranzbedingten Abweichungen von dieser aus.
- c. Nach längerer Betriebszeit wird es vorkommen, dass Stützstellen generiert werden, die bereits im Speicher vorhanden sind und höchsten Exaktheitsindikator aufweisen. Diese werden durch Mittelwertbildung mit aktuellen Stützstelle, zu denen ebenso der maximale Exaktheitsindikator ermittelt wurde, verknüpft. Liegen genug neue Stützstellen mit maximalem Exaktheitsindikator vor, werden alte Stützstellen verworfen.
- 25
- 30 Damit kann eine, beispielsweise durch Alterungseinflüsse hervorgerufene, Verschiebung der charakteristischen Kurve kompensiert werden.

Zur Verbesserung der Ausgestaltungen des AFC-Algorithmusses werden die Empfangsbedingungen ausgewertet. Hierzu dient die Empfangsfeldstärke des Hochfrequenzsignals und der Signalgeräuschabstand (SNR) des Modulationssignals.

- 5 Aus diesen beiden Informationen wird eine Exaktheitsabschätzung der unter diesen Bedingungen gewonnenen Frequenzfehlerermittlung abgeleitet. Dieser Wert der Exaktheitsabschätzung wird als Attribut des Absolutfrequenzfehlers in die genannte Tabelle aufgenommen.
- 10 Bei einem bewegungsbedingten kritischen Zustand werden die in der Vergangenheit gewonnenen Temperaturinformationen weiterverwendet, wogegen alle zurückliegenden, auf Bewegungen innerhalb der Zelle der bisherigen Basisstation beruhenden Ortsänderungs-Informationen verworfen werden.
- 15 Bei einer drastischen Änderung der Umgebungstemperatur, die in allen Fällen unerwartet erfolgt, können zurückliegende, auf Bewegung basierende gemessene Frequenzfehler weiterverarbeitet werden, wogegen man ältere, auf Temperatureffekten beruhende gemessene Frequenzfehler verwirft. Es wird dann der auf die neue Temperatur bezogene Frequenzfehler unter Verwendung der charakteristischen Kurve geschätzt.
- 20 In jedem der wie oben temperaturabhängig und bewegungsabhängig beeinflussten AFC-Messintervalle wird der jeweils auftretende Einzelfrequenzfehler ermittelt. Ein oder meist mehrere AFC-Messintervalle fallen in ein AFC-Regelintervall. Dementsprechend liegen in einem AFC-Regelintervall meist mehrere Einzelfrequenzfehler vor, was eine
- 25 Mittelung der Einzelfrequenzfehler und Zusammenfassung zu einem Gesamtfrequenzfehler derart erlaubt, dass nicht jeder Einzelfrequenzfehler unmittelbar auf das Stellglied zur Referenzfrequenznachstimmung gegeben wird.

- Die AFC-Regelintervalllänge beeinflusst die Geschwindigkeit der Regelung. Bei Vor-
- 30 hersage größerer Frequenzänderung und bei guten Empfangsbedingungen wird eine

kurze AFC-Regelintervalllänge eingestellt, wogegen bei kaum zu erwartenden Frequenzänderungen und schlechten Empfangsbedingungen eine lange AFC-Regelintervalllänge eingestellt wird.

- 5 Durch die AFC-Stellgliedumsetzung wird die Stabilität des Regelkreises beeinflusst. Unter der AFC-Stellgliedumsetzung ist eine proportionale Verringerung des Gesamtfrequenzfehlers zu verstehen. Der festgestellte Gesamtfrequenzfehler soll also proportional verringert werden, bevor er auf das der Frequenznachführung dienende Stellglied gegeben wird. Eine weitere Möglichkeit ist die Begrenzung der Frequenznachstellung
- 10 auf einen konstanten Wert. Bei Vorhersage größerer Frequenzänderungen und guten Empfangsbedingungen wird eine höhere AFC-Stellgliedumsetzung benutzt, wogegen für kaum zu erwartende Frequenzänderungen und bei schlechten Empfangsbedingungen eine geringere AFC-Stellgliedumsetzung verwendet wird. Eine kleine AFC-Stellgliedumsetzung entspricht einer großen Verringerung des Gesamtfrequenzfehlers.

15

- Durch eine Anpassung des AFC-Messwertgedächtnisses wird die Reaktion des Regelkreises auf Störgrößen beeinflusst. Sobald ein Temperatursprung der Umgebungstemperatur oder eine schnelle Änderung der gerichteten Geschwindigkeit detektiert wird, werden zurückliegende Anteile der entsprechenden Frequenzfehler für die
- 20 Mittelung nicht mehr berücksichtigt.

- Eine Vorhersage der zukünftig zu erwartenden Frequenzfehler erfolgt nur für temperaturverursachte Frequenzfehler. Bei bewegungsverursachten Frequenzänderungen wird deren Wahrscheinlichkeit erkannt und darauf durch eine Verkürzung der AFC-Messintervalllänge reagiert.
- 25

- Die Figuren 7 bis 11 zeigen Flussdiagramme des ablaufenden AFC-Algorithmusses, wobei die Figur 7 eine Übersicht ist und Figur 8 den Block 4 der Figur 7 und Figur den Block 6 der Figur 7 und Figur 10 den Block 9 der Figur 7 und Figur 11 den Block 10
- 30 der Figur 7 verdeutlicht.

Die Flussdiagramme stellen beispielhaft eine Möglichkeit der Ausgestaltung des erfinderischen Gedankens dar. Es sind jedoch eine Vielzahl von Ausgestaltungen unter Verwendung des erfinderischen Gedankens möglich.

5 Im Block 1 der Figur 7 geschieht Folgendes:

Bevor die Mobilstation die Datenmenge (Frame), die während der Zeiteinheit von der Basisstation empfangen wird und die für die Ermittlung des Frequenzfehlers notwendig ist, von der Basisstation empfängt, muss eine Wartezeit bis zum nächsten Empfang abgelaufen sein. Für den Betriebsfall "Idle Mode" liegt die Wartezeit typischerweise im  
10 Sekundenbereich, z.B. 0,5 – 2,25sec für GSM. Bei GSM folgen darauf bis zu vier Intervalle einer Zeitdauer eines Frames (4,615 ms). Während der Wartezeit nimmt die Mobilstation üblicherweise einen energiesparenden Zustand ("Sleep Mode") ein. Für den Betriebsfall "Dedicated Mode" beträgt die Wartezeit genau die Zeitdauer eines Frames, beispielsweise 4,615 ms bei GSM bzw. 10 ms bei UMTS.

15

Im Block 2 wird unmittelbar vor der Aktivierung des Empfangs eines Frames die Temperatur des Temperatursensors 5 abgelesen, um einen möglichst aktuellen Temperaturwert zu erhalten. Dies ist günstig, da sich während einer längeren Wartezeit die Temperatur durch äußere Einflüsse wesentlich verändern kann. Der Temperaturwert  
20 wird im Speicher 3 abgespeichert.

Im Block 3 wird mit dem abgelesenen bzw. gespeicherten Temperaturwert aus der bis dahin als Tabellenwerten bekannten individuellen charakteristischen Kurve (vgl. Fig. 2) der zugehörige Frequenzfehler abgelesen oder interpoliert. Dieser Fehler resultiert aus  
25 der Temperaturdifferenz relativ zu dem Zeitpunkt, bei dem letztmalig eine Frequenznachregelung stattgefunden hat. Die Schätzung des Frequenzfehlers unmittelbar vor dem Empfang ist vorteilhaft, um zu verhindern, dass durch Frequenzabweichungen ein Empfang nicht mehr möglich ist.

30

Im Block 4 werden die gespeicherten Temperaturwerte und die Empfangsparameter der zurückliegenden Empfangsergebnisse von Basisstationssignalen zur Ermittlung der AFC-Regelintervalllänge, der AFC-Stellgliedumsetzung und des AFC-Messwertgedächtnisses ausgewertet.

5

Im Block 5 wird nach dieser Auswertung überprüft, ob unmittelbar eine AFC-Regelung notwendig ist oder nicht, weil die Wartezeit bis zum Ablauf des AFC-Regelintervalls, typischer Wert im Sekundenbereich, z.B. 30sec im idle-mode abgelaufen oder nicht abgelaufen ist.

10

Im Block 6 wird, falls die Wartezeit abgelaufen ist, diese Regelung mit der ermittelten AFC-Stellgliedumsetzung aus den gespeicherten Einzelfrequenzfehlern durchgeführt. Andernfalls wird dieser Block 6 übersprungen.

15 Im Block 7 wird in jedem Fall ein Frame der Basisstation empfangen.

Im Block 8 wird unterschieden, ob die Wartezeit für das Ergebnis, typischer Wert beispielsweise der Zeitdauer von ein oder zwei frames, kleiner ist als die Wartezeit für den Empfang. Liegt das Ergebnis des Empfangs erst nach dem Empfangsauftrag für weitere Frames vor, wird in den Block 1 zurückgekehrt.

20

Im Block 9 wird eine Auswertung des Empfangssignals durchgeführt, wenn die Wartezeit für das Ergebnis kleiner ist als die Wartezeit für den Empfang.

25 Danach wird im Block 10 auf Grund des Auswerteergebnisses eine aktualisierte AFC-Messintervalllänge bestimmt.

Im Block 11 wird unterschieden, ob die AFC-Messintervalllänge kleiner ist als die Wartezeit für den Empfang. Falls durch die neu bestimmte AFC-Messintervalllänge kein Empfang vor dem durch den jeweiligen Funkstandard, beispielsweise GSM,

30

bestimmten Zeitpunkt (Wartezeit für Empfang) notwendig ist, wird direkt in den Block 1 zurückgegangen.

Andernfalls wird im Block 12 ein vorzeitiger Empfang zum Zeitpunkt der AFC-

- 5 Messintervalllänge erzwungen und die Bearbeitung mit Block 1 fortgesetzt. Dieser Fall kann in der Betriebsart "Idle Mode" auftreten, in der die Wartezeit bis zum nächsten Empfang im Sekundenbereich liegen kann.

Im Block 4 der Figur 7 geschieht im einzelnen Folgendes (vgl. Fig. 8):

- 10 Im Schritt 1 wird der aktuell gemessene Temperaturwert mit den abgespeicherten Temperaturwerten verglichen. Im Fall einer großen Abweichung gegenüber dem durch die Aufwärmkurve erwarteten Temperaturwert wird ein Temperatursprung auf Grund Umgebungstemperatur festgestellt.
- 15 Wird ein solcher Temperatursprung festgestellt, dann werden im Speicher die temperaturbedingten Frequenzfehler zurückgesetzt, um zu vermeiden, dass bei einer späteren AFC-Regelung Einzelfrequenzfehler, die unter anderen Temperaturbedingungen erfasst wurden, das Ergebnis verfälschen. Wird kein Temperatursprung festgestellt, dann wird der Schritt 2 übersprungen.
- 20 Im Schritt 3 erfolgt eine Überprüfung auf den unmittelbar bevorstehenden Eintritt in einen bewegungsbedingten, kritischen Fall. Dieser liegt dann vor, wenn ein Zellwechsel oder das Unterfahren einer Basisstation erfolgt, was durch Auswertung und Vergleich der gespeicherten Empfangspegel, TOA-Informationen und gegebenenfalls TA-Informationen mit den diesbezüglich aktuellen Werten festgestellt wird.
- 25

- Im Schritt 4 wird, falls ein Eintritt in einen bewegungsbedingten kritischen Bereich erkannt ist, im Speicher der bewegungsbedingte Frequenzfehler zurückgesetzt, um zu vermeiden, dass bei der folgenden AFC-Regelung Einzelfrequenzfehler, die auf Bewe-
- 30 gungen beruhen, das Ergebnis verfälschen. Wird kein Eintritt in einen bewegungsbedingten kritischen Bereich festgestellt, dann wird der Schritt 4 übersprungen.



Im Schritt 5 wird mittels der gespeicherten Temperaturwerte und den bekannten temperaturwirksamen Systemparametern, wie Sendebetriebsart, Sendeleistung, Anzahl der Zeitschlitz (Timeslots) bei TDMA-basierten Netzen, eine Vorhersage der zu erwartenden Temperatur (Temperaturprädiktion) unter Zuhilfenahme der Aufwärmkurve in  
5 Abhängigkeit von der Zeit durchgeführt.

Im Schritt 6 werden die Ermittlungen nach Schritt 5 derart ausgewertet, dass mittels der charakteristischen Kurve ermittelt wird, ob und wann der Eintritt in einen temperaturbedingten, kritischen Bereich zu erwarten ist.

10

Im Schritt 7 wird der Zeitpunkt für einen bevorstehenden Zellwechsel mittels der gespeicherten Empfangspegel und der Zeitpunkt für ein Vorbeifahren an der Basisstation mittels des TOA-Wertes und gegebenenfalls der TA-Wertes geschätzt. Beide Fälle geben den Zeitpunkt für eine kritische, bewegungsbedingte Frequenzänderung an.

15

Im Schritt 8 wird durch Auswertung der in Schritt 6 und in Schritt 7 ermittelten Zeitpunkte der Fall eines unmittelbar bevorstehenden Eintritts in einen temperaturbedingten oder bewegungsbedingten kritischen Bereich oder der Fall eines Temperatursprunges, der eine sofortige Regelung notwendig macht oder der Fall eines großen Gesamtfrequenzfehlers überprüft.

20

Falls die Bedingungen vorliegen, wird im Schritt 9 die AFC-Stellgliedumsetzung vergrößert und die AFC-Regelintervalllänge verkleinert. Dadurch wird erreicht, dass die AFC-Regelung noch vor dem Eintritt in den kritischen Bereich stattfindet und dem  
25 festgestellten Frequenzfehler verstärkt entgegengewirkt wird.

Falls die Bedingungen des Blocks 8 nicht vorliegen, wird im Schritt 10 die AFC-Stellgliedumsetzung verkleinert und die AFC-Regelintervalllänge vergrößert

30 In Block 6 der Figur 7 geschieht im einzelnen Folgendes (vgl. Fig. 9):

Im Schritt 1 wird überprüft, ob zusätzlich zu dem gemessenen Frequenzfehler auch geschätzte Frequenzfehler abgespeichert wurden.

5 Ist dies der Fall, dann können im Schritt 2 die gemessenen Frequenzfehler verschieden gewichtet werden. Für den Fall von Empfangsunterbrechungen können die gemessenen Frequenzfehler beispielsweise stärker gewichtet werden als die geschätzten Frequenzfehler. Ist dies nicht der Fall, dann wird der Schritt 2 übersprungen.

10 Im Schritt 3 wird eine Mittelung aller gespeicherten temperaturbedingten und bewegungsbedingten Einzelfrequenzfehler durchgeführt. Dabei können die Einzelfrequenzfehler durch einen Exaktheitsindikator, wie beispielsweise das jeweilige Signalrauschverhältnis (SNR) gewichtet werden. Ebenso kann die jeweilige Signalamplitude (Empfangsleistung) als Wichtungsfaktor verwendet werden.

15 Im Schritt 4 wird mit der vorher ermittelten AFC-Stellgliedumsetzung der Grad der Regelung bezüglich des ermittelten Gesamtfrequenzfehlers festgelegt.

Im Schritt 5 wird diese Frequenzregelung, also die Frequenznachstimmung, durch Ausgabe auf das Stellglied durchgeführt.

20

Im Schritt 6 werden die gespeicherten Einzelfrequenzfehler zurückgesetzt.

Im Block 9 der Figur 7, der in Figur 10 im einzelnen dargestellt ist, wird das Empfangssignal ausgewertet. Dabei wird im Schritt 1, sobald die Auswertung des Empfangssignals erfolgt ist, festgestellt, ob die Signalqualität ausreicht, um eine Frequenzfehlermessung durchzuführen.

25 Ist die Frequenzfehlermessung nicht möglich, dann wird im Schritt 2 festgestellt, dass eine Empfangsunterbrechung vorliegt und die Zeitdauer der Empfangsunterbrechung wird ermittelt. Die Auswertung ist damit beendet.

30

Ist die Frequenzfehlmessung möglich, dann werden im Schritt 3 folgende Größen berechnet und abgespeichert:

Frequenzfehler, TOA-Signal, Empfangspegel des Frames und TA-Wert.

- 5    Anschließend wird im Schritt 4 die jeweilige Frequenzabweichung, Frequenzfehler in den temperaturverursachten und den bewegungsverursachten Frequenzfehler aufgeteilt und getrennt abgespeichert. Dies kann durch Berechnung des temperaturbedingten Fehlers mit Interpolation aus den bekannten, gespeicherten Werten erfolgen, wenn schon vorher viele Werte der charakteristischen Kurve abgespeichert sind. Eine Auf-
- 10    teilung zwischen temperaturbedingten Frequenzfehlern und bewegungsbedingten Frequenzfehlern ist auch durch eine Erfassung der Radialgeschwindigkeit der Mobilstation gegenüber der Basisstation und die daraus resultierende Dopplerfunktion möglich. Die so ermittelten bzw. berechneten geschwindigkeitsbedingten und temperaturbedingten Frequenzfehler können einer Plausibilitätskontrolle bezüglich der pro
- 15    Zeiteinheit maximal zu erwartenden Geschwindigkeitsänderungen und Temperaturveränderungen unterzogen werden.

Im Schritt 5 der Figur 10 wird bewertet, ob eine gute Signalqualität und keine bewegungsbedingte Frequenzänderung der Mobilstation vorliegt. Ist dies nicht der Fall, dann

20    wird die Auswertung beendet.

Im Schritt 6 wird andernfalls nach dem Schritt 5 der Lernalgorithmus für die charakteristische Kurve eingeleitet. Dazu wird der temperaturverursachte Absolutfrequenzfehler ermittelt, der sich aus der aktuellen Referenznachstimmung und dem gemessenen,

25    temperaturverursachten Einzelfrequenzfehler ergibt.

Im Block 7 wird der Exaktheitsindikator für die Frequenzabweichung beispielsweise anhand des Signal-Rauschverhältnisses (SNR) und/oder Empfangsleistung ermittelt.

Im Schritt 8 wird durch eine Prüfung mit bereits abgespeicherten Werten der charakteristischen Kurve festgestellt, ob der temperaturverursachte Absolutfrequenzfehler plausibel ist, d.h. eine nur kleine Abweichung zu dem interpolierten Wert aus bereits bekannten Werten hat. Falls dies nicht der Fall ist, ist die Auswertung beendet.

5

Im Schritt 9 wird andernfalls überprüft, ob für den ermittelten Temperaturwert bereits ein gespeicherter Eintrag der charakteristischen Kurve existiert.

Im Block 9 wird, falls dies nicht der Fall ist, der temperaturverursachte Absolutfrequenzfehler zusammen mit dem ermittelten Temperaturwert und dem Exaktheitsindikator abgespeichert.

10

Andernfalls wird im Schritt 11 der abgespeicherte Exaktheitsindikator mit dem ermittelten Exaktheitsindikator verglichen. Ist er größer als dieser, wird die Auswertung beendet.

15

Ansonsten wird im Schritt 12 der temperaturverursachte Absolutfrequenzfehler mit dem bereits eingetragenen Wert gewichtet gemittelt und abgespeichert. Außerdem wird ein neuer Exaktheitsindikator ermittelt und abgespeichert.

20

Im Block 10 der Figur 7 wird die AFC-Messintervalllänge bestimmt. Dies ist im Flussdiagramm der Figur 11 im einzelnen dargestellt.

Im Schritt 1 der Figur 11 wird mit Hilfe der gespeicherten Temperaturwerte und den bekannten temperaturwirksamen Systemparametern, wie Art des Sendebetriebs (Dedicated Mode, Idle Mode), Sendeleistung, Anzahl der Timeslots bei TDMA-basierten Systemen, eine Vorhersage (Prädiktion) der zu erwartenden Temperatur in Abhängigkeit von der Zeit durchgeführt.

25

30

Im Schritt 2 wird aus den Daten des Schrittes 1 mit Hilfe der charakteristischen Kurve (vgl. Fig. 2) berechnet, ob und wann der Eintritt in einen temperaturbedingten, kritischen Bereich zu erwarten ist.

- 5 Im Schritt 3 wird mittels der festgestellten Signalisierung oder der Messung der Empfangsleistung in der Nachbarzelle der Zeitpunkt für einen bevorstehenden Zellwechsel ermittelt, was - wie oben beschrieben - anhand der gespeicherten Empfangspegel, der TOA-Informationen und gegebenenfalls der TA-Informationen bezüglich des Unterfahrens einer Basisstation erfolgt.

10

Im Schritt 4 wird der Fall einer in Kürze eintretenden kritischen, temperaturverursachten oder bewegungsverursachten Frequenzänderung überprüft. Zusätzlich wird ermittelt, ob eine Empfangsunterbrechung vorliegt, die noch nicht lange andauert.

- 15 Im Schritt 5 wird, falls einer der geprüften Fälle vorliegt, eine kleinere AFC-Messintervalllänge eingestellt.

Falls keiner der überprüften Fälle vorliegt, wird im Schritt 6 eine größere AFC-Messintervalllänge eingestellt. Dadurch kann in dem Bereitschafts-Betriebszustand der

- 20 Energieverbrauch reduziert werden, wobei nur zu den vom jeweiligen Netzstandard vorgeschriebenen Zeitpunkten Basisstationssignale empfangen werden.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Synchronisation der Trägerfrequenz einer Mobilstation mit der Trägerfrequenz einer Basisstation in einem zellularen Mobilfunksystem, wobei mittels eines Stellgliedes ein Referenzfrequenz-Oszillator nachgestellt wird,  
dadurch gekennzeichnet,  
5 dass die sich aus einer Temperaturänderung der Mobilstation in der Mobilstation ergebende Frequenzabweichung und die sich bei einer Ortsänderung der Mobilstation gegenüber der Basisstation ergebende Frequenzabweichung getrennt ermittelt und/oder vorhergesagt werden  
und dass bei einer ermittelten und/oder erwarteten größeren Frequenzabweichung  
10 die Trägerfrequenz der Mobilstation häufiger mit der Trägerfrequenz der Basisstation mittels eines AFC-Algorithmusses synchronisiert wird als bei einer ermittelten und/oder erwarteten kleineren Frequenzabweichung.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
15 dadurch gekennzeichnet,  
dass in der Mobilstation unterschieden wird, ob die Frequenzabweichung auf einer Temperaturänderung und/oder auf einer Ortsänderung beruht und insbesondere unterschieden wird, welcher Anteil der Frequenzabweichung auf einer  
Temperaturänderung und welcher Anteil der Frequenzabweichung auf einer  
20 Ortsänderung beruht.
3. Verfahren nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Unterscheidung auch dadurch erfolgt, dass ermittelt wird, ob der Verlauf  
25 der Frequenzabweichung stetig oder sprunghaft ist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Frequenzabweichungen, die sich durch Temperaturänderung und/oder  
Ortsänderung ergeben, derart miteinander verarbeitet werden, dass eine  
5 Überlagerungskompensation erkannt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass in der Mobilstation eine Messgröße gewonnen wird, aus der auf die  
10 Absoluttemperatur der Mobilstation geschlossen wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass aus Messgrößen der zeitliche Temperaturgradient ermittelt wird.  
15
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass in der Mobilstation eine für diese Mobilstation charakteristische Kurve der von  
der Temperatur abhängigen Frequenzänderung als Tabelle gespeichert wird und aus  
20 dieser Tabelle ein der zu erwartenden Frequenzänderung entsprechender Wert  
ausgelesen werden kann.
8. Verfahren nach Anspruch 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
25 dass in den Tabellenwerten zusätzlich ein Exaktheitsindikator abgelegt wird, der  
anzeigt, wie hoch die Wahrscheinlichkeit dafür ist, dass der abgespeicherte  
Tabellenwert den aktuellen tatsächlichen Verlauf der charakteristischen Kurve  
entspricht.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass bei der Fertigung der Mobilstation die Tabelle durch Messung  $r$  einiger  
Stützstellen der charakteristischen Kurve , oder durch Parallelverschiebung einer  
5 vorbekannten typischen charakteristischen Kurve um einen additiven Wert, der  
durch Messung einer einzelnen Stützstelle gewonnen wurde, vorgelegt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
10 dass bei der Fertigung der Mobilstation die Tabelle mit den Werten einer  
vorbekannt typischen charakteristischen Kurve ohne jegliche Messung vorgelegt  
wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 7 bis 10,  
15 dadurch gekennzeichnet,  
dass die individuelle charakteristische Kurve im Betrieb der Mobilstation durch  
Lernvorgänge ermittelt oder aktualisiert wird.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 8 bis 11,  
20 dadurch gekennzeichnet,  
dass in der Fertigung vorgelegte Werte einen niedrigeren Exaktheitsindikator und  
bei guter Empfangsqualität gemessene Werte einen hohen Exaktheitsindikator  
haben und Werte niedrigen Exaktheitsindikators durch Werte hohen  
Exaktheitsindikators ersetzt werden.  
25
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass in der Mobilstation eine für die Mobilstation typische Aufwärmkurve, die  
betriebsbedingte zeitliche Temperaturänderungen darstellt, als Tabelle oder



Parameter der Exponentialfunktion der Aufwärmkurve gespeichert wird, woraus eine zu erwartende Temperaturänderung im voraus abschätzbar ist.

14. Verfahren nach Anspruch 13,  
5     dadurch gekennzeichnet,  
dass durch Verknüpfen der Aufwärmkurve mit der charakteristischen Kurve die Frequenzänderung im voraus abgeschätzt wird.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
10     dadurch gekennzeichnet,  
dass kritische temperaturwirksame Zustände im voraus erkannt, und die zu erwartende Frequenzänderung abgeschätzt werden kann.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
15     dadurch gekennzeichnet,  
dass vor jeder Messung des Frequenzfehlers eine Schätzung des zu erwartenden temperaturbedingten Frequenzfehlers stattfindet.
17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
20     dadurch gekennzeichnet,  
dass bei Nichtmöglichkeit von Frequenzabweichungsmessungen wegen schlechter Empfangsbedingungen der zu erwartende temperaturbedingte Frequenzfehler geschätzt und zur Regelung berücksichtigt wird.
- 25    18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
       dadurch gekennzeichnet,  
dass der aktuelle Betriebszustand der Mobilstation, insbesondere die aktuelle Sendeleistung und/oder bei einer TDMA-basierten Mobilstation die Anzahl der für den Sendebetrieb belegten Zeitschlitze, bei der Vorausschätzung der  
30     Temperaturänderung oder Frequenzabweichung mitverarbeitet wird.

19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Wahrscheinlichkeit für eine bevorstehende, Regeleingriffe bedürfende  
Frequenzänderung im voraus ermittelt wird, wofür die kritischen Zustände der  
Ortsänderung:

"Bewegung innerhalb der Infrastruktur",

"bevorstehendes Durchfahren unter der Basisstation",

"bevorstehender Zellwechsel"

ermittelt werden.

20. Verfahren nach Anspruch 19,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Information "Bewegung innerhalb der Infrastruktur" bei der Bereitschafts-  
Betriebsart (idle) aus einer Änderung der Empfangslaufzeit(TOA) und/oder der  
Empfangsleistung auf der Empfangsfrequenz gewonnen wird, wobei  
in der Gesprächsbetriebsart (dedicated) zusätzlich die Änderung der  
Sendezeitpunktvoreilung (TA) verwendet wird.

21. Verfahren nach Anspruch 19 oder 20,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Information "Durchfahrt unter der Basisstation" bei der Bereitschafts-  
Betriebsart (idle) aus einer Annäherung an ein Minimum der  
Empfangsverzögerung(TOA) und/oder Übersteigung eines bestimmten Pegels der  
Empfangsleistung auf der Empfangsfrequenz gewonnen wird, wobei  
in der Gesprächsbetriebsart (dedicated) zusätzlich die Annäherung der  
Sendezeitpunktvoreilung (TA) an ein Minimum verwendet wird.

22. Verfahren nach Anspruch 19, 20 oder 21,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Information "bevorstehender Zellwechsel" bei der Bereitschafts-Betriebsart (idle) aus der Leistungsmessung der Nachbarzellen gewonnen wird, wobei  
5 in der Gesprächsbetriebsart (dedicated) die Signalisierung zum Einleiten des Zellwechsels verwendet wird.
23. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
10 dass die aktuellen Empfangsbedingungen, insbesondere die Empfangsfeldstärke und/oder das Signal/Rauschverhältnis des Empfangssignals, gemessen werden und aus dem Messergebnis die Regelparameter, wie AFC-Regelintervalllänge, AFC-Stellgliedumsetzung sowie der Exaktheitsindikator für die Tabelle abgeleitet werden.  
15
24. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der AFC-Algorithmus abhängig von der Größe der zurückliegenden und zu erwartenden Frequenzänderung und/oder bei Vorhersage kritischer Zustände der  
20 Ortsänderung und/oder kritischen temperaturwirksamen Zuständen die AFC-Messintervalllänge anpasst.
25. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
25 dass der AFC-Algorithmus abhängig von der Größe der zurückliegenden und zu erwartenden Frequenzänderung und/oder bei Vorhersage kritischer Zustände der Ortsänderung und/oder kritischen temperaturwirksamen Zuständen und/oder bei guten Empfangsbedingungen die AFC-Regelintervalllänge anpasst.

26. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der AFC-Algorithmus abhängig von der Größe der zurückliegenden und zu erwartenden Frequenzänderung und/oder bei Vorhersage kritischer Zustände der Ortsänderung und/oder kritischen temperaturwirksamen Zuständen und/oder bei  
5 guten Empfangsbedingungen die AFC-Stellgliedumsetzung anpasst.
27. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
10 dass der AFC-Algorithmus abhängig von der Größe der zurückliegenden und zu erwartenden Frequenzänderung und/oder bei Vorhersage kritischer Zustände der Ortsänderung und/oder kritischen temperaturwirksamen Zuständen und/oder bei guten Empfangsbedingungen das AFC-Messwertgedächtnis anpasst.
- 15 28. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass ein Referenzfrequenz-Oszillator (4) ohne temperaturkompensierende Beschaltung verwendet wird, der eine individuelle charakteristische Kurve mit einer  
20 maximalen Frequenzabweichung von der Nominalfrequenz im Betriebstemperaturbereich von mehr als  $\pm 3\text{ppm}$  aufweist.
29. Einrichtung nach Anspruch 28 zur Durchführung des Verfahrens dadurch gekennzeichnet,  
25 dass ein Temperatursensor (5) vorgesehen ist, der die Temperatur des Referenzfrequenz-Oszillator (4) misst.

## **ZUSAMMENFASSUNG**

**Verfahren und Einrichtung zur Synchronisation einer Mobilstation mit einer Basisstation in einem Mobilfunksystem**

- Bei einem Verfahren zur Synchronisation einer Mobilstation mit einer Basisstation in
- 5 einem Mobilfunksystem wird ein Referenzfrequenz-Oszillator nachgestellt. Um einen baulich einfachen, kostengünstigen Referenzfrequenz-Oszillator verwenden zu können, werden die sich aus einer Temperaturänderung und einer Ortsänderung der Mobilstation ergebenden Frequenzabweichungen getrennt ermittelt und/oder vorhergesagt. Bei
- größeren Frequenzabweichungen wird die Mobilstation häufiger mit der Basisstation
- 10 synchronisiert als bei kleineren Frequenzabweichungen.

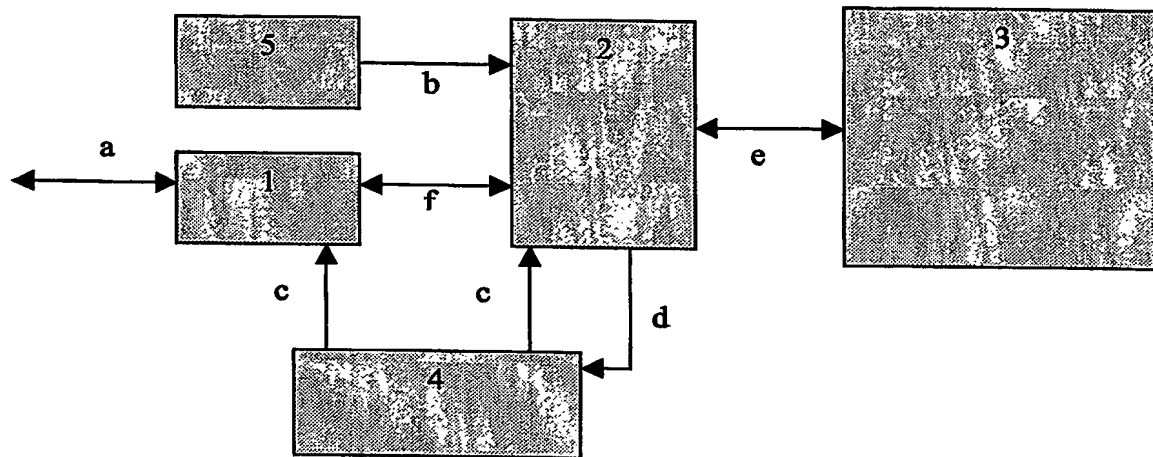
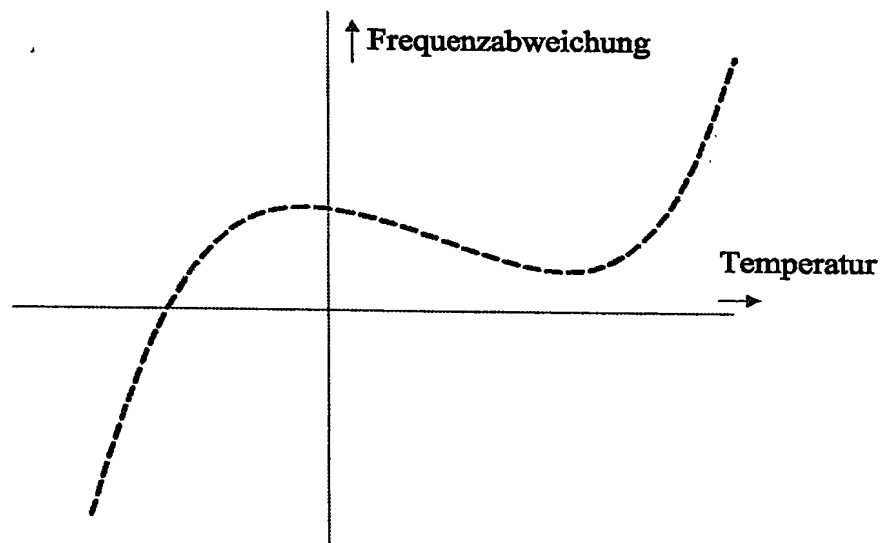
**Fig. 1****Fig. 2****Charakteristische Kurve**

Fig. 3

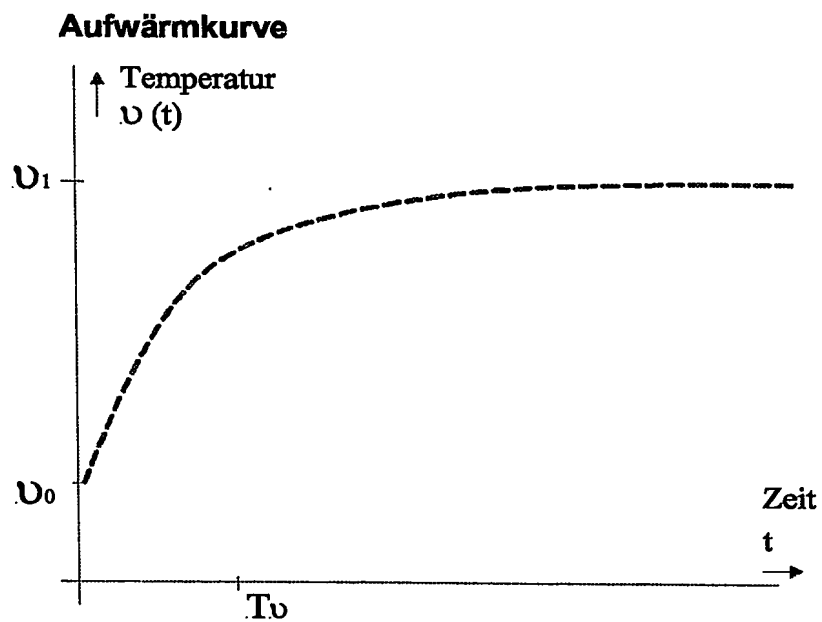


Fig. 4

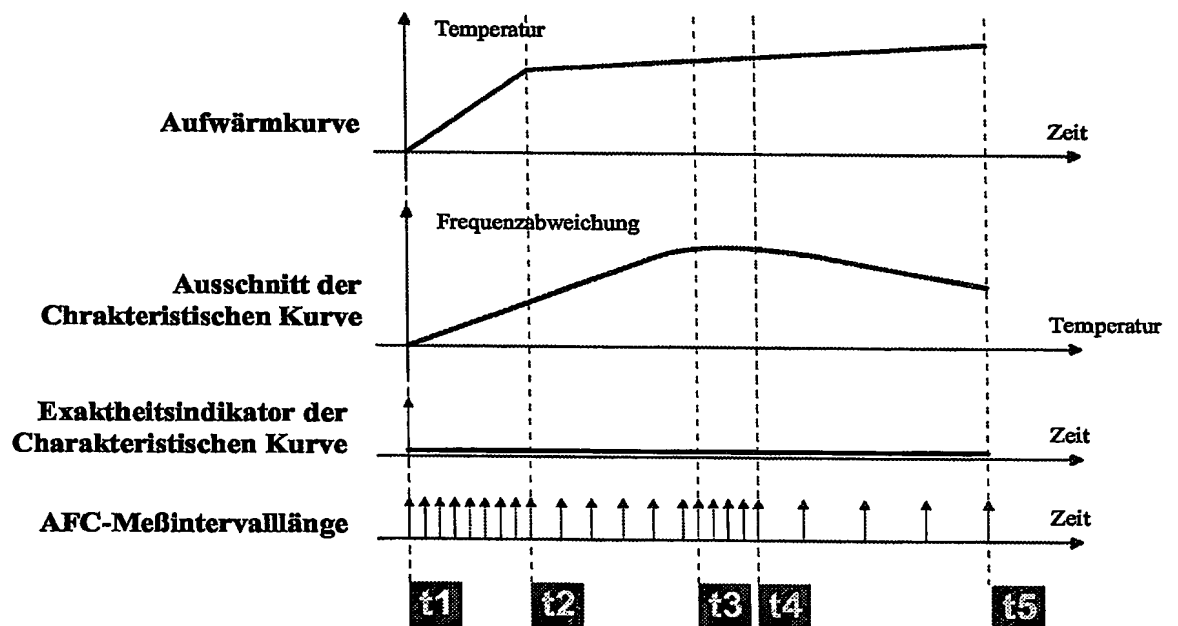


Fig. 5

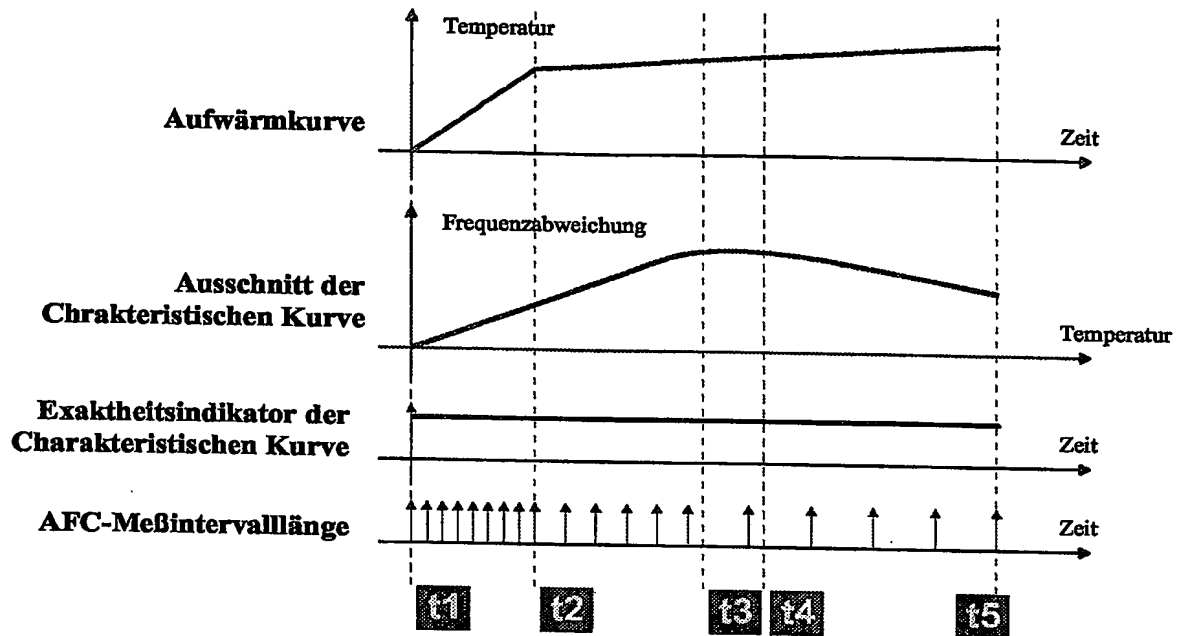
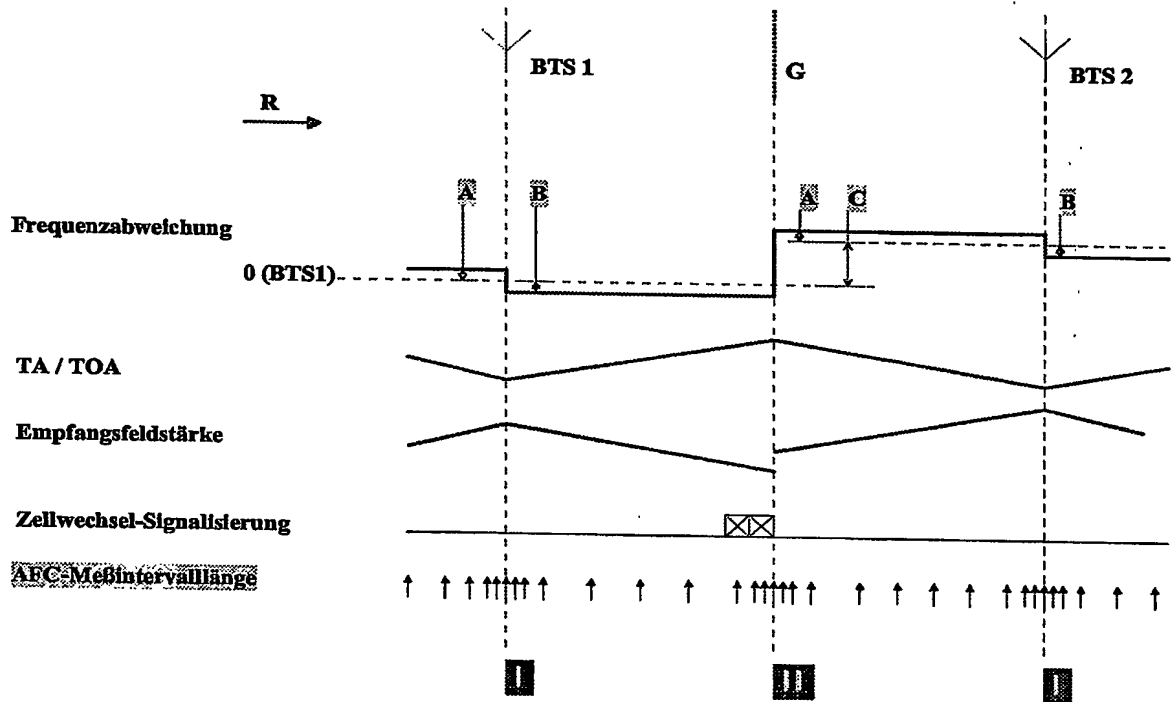


Fig. 6



Legende:  
 A... pos. Dopplerverschiebung; B... neg. Dopplerverschiebung; C... Frequenzabweichung zwischen beiden BTS



Fig. 7

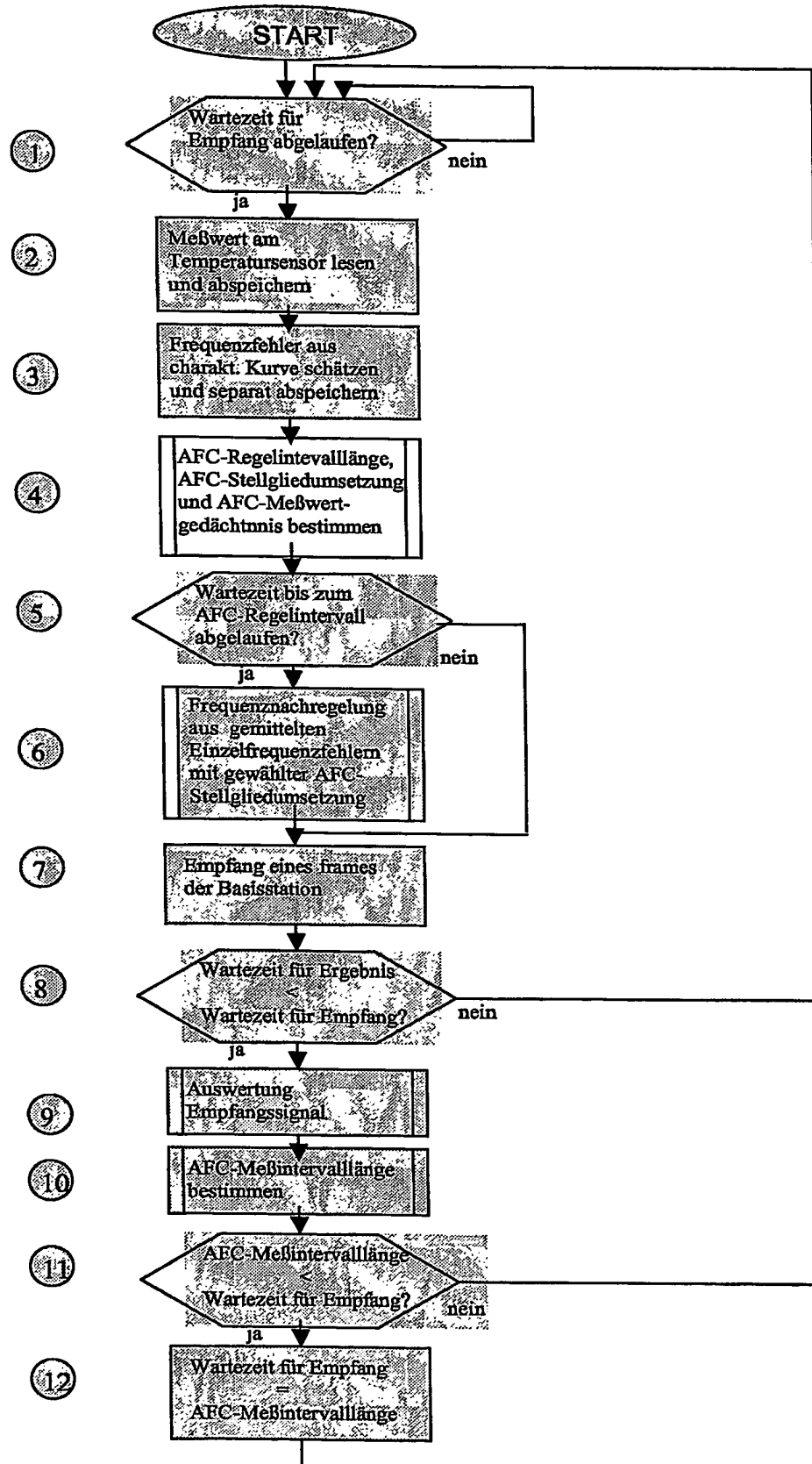


Fig. 8

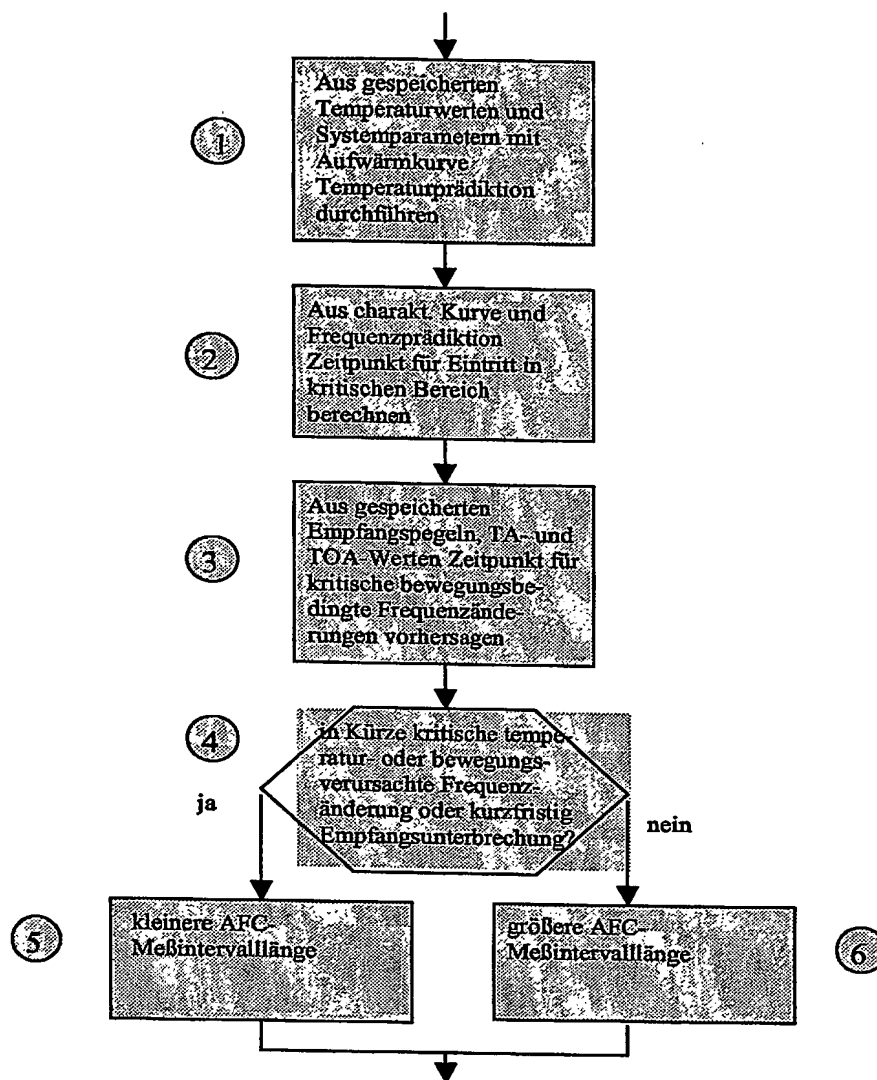


Fig. 9

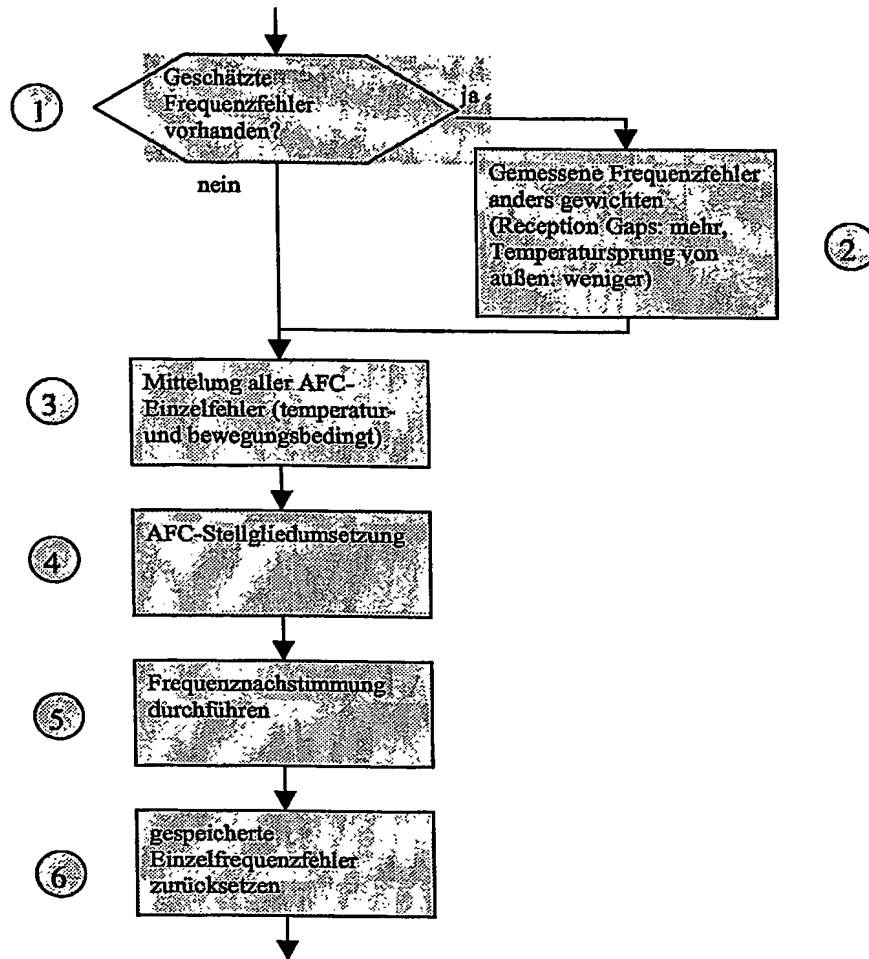


Fig. 10

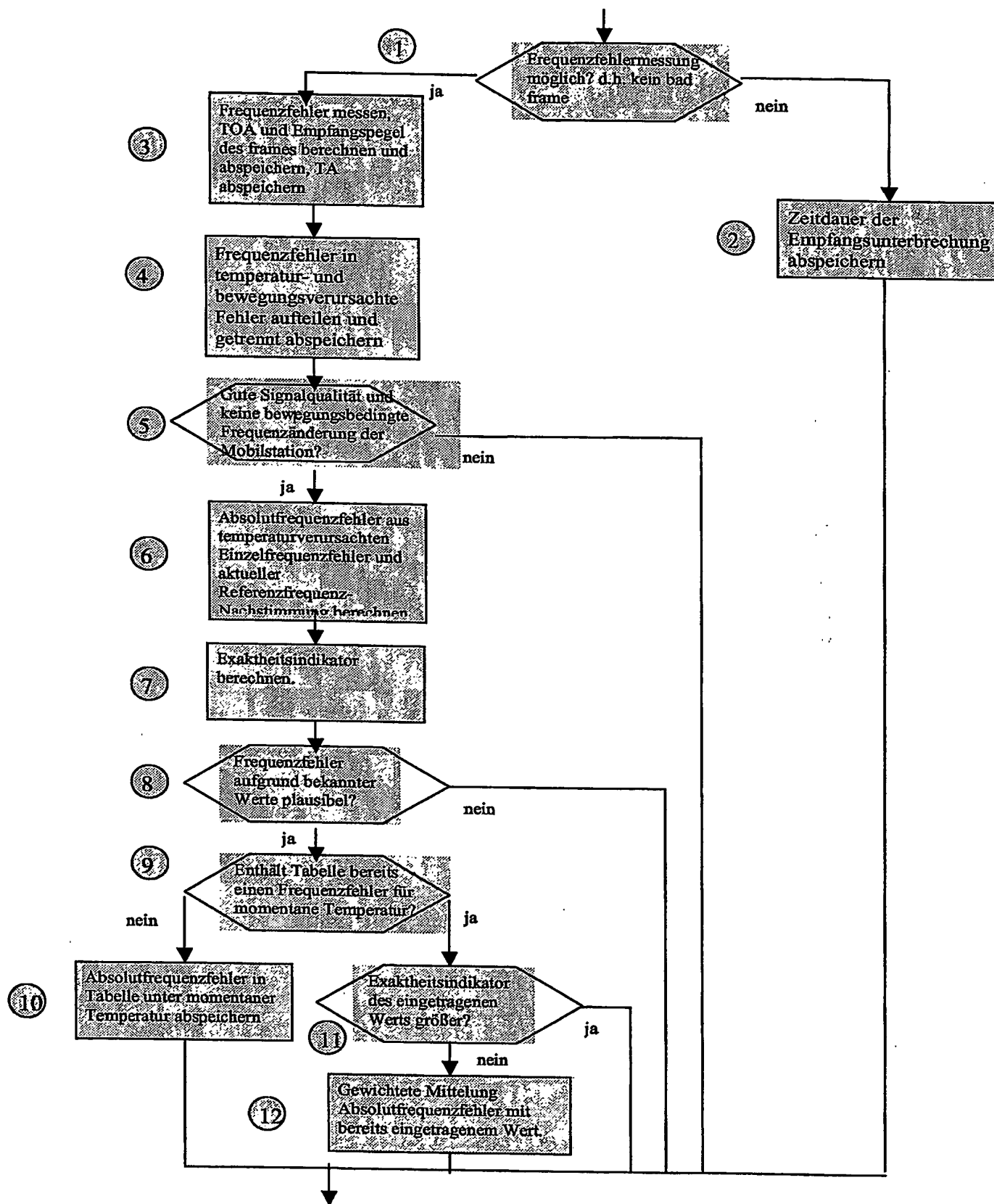


Fig. 11

